

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e
Pesquisas Computacionais**

Adriano da Costa Cano

Redes de Sensores Sem Fio

**Redes Virtuais de Sensores –
Uma Análise Literária**

Rio de Janeiro

2016

Adriano da Costa Cano

Redes de Sensores Sem fio

Redes Virtuais de Sensor – Uma Análise Literária

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Orientador:

Claudio Miceli de Farias, D.Sc., UFRJ, Brasil

Rio de Janeiro

2016


Adriano da Costa Cano

Redes de Sensores Sem fio

Redes Virtuais de Sensor – Uma Análise Literária

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Aprovada em março de 2016.



Claudio Miceli de Farias, D.Sc., UFRJ, Brasil

AGRADECIMENTOS

Um enorme obrigado aos meus pais, que me apoiaram piamente e me serviram de alicerce para que eu não desmoronasse nesse momento.

Um enorme obrigado para meu orientador Claudio, que me ajudou e não me deixou desistir de terminar esse trabalho.

E por último, mas não menos importante, um ENORME obrigado a Lívia, pois sem ela e sua enorme paciência (tipo nenhuma ao quadrado) para me ajudar a traduzir os infindáveis artigos e trabalhos pesquisados na internet, eu jamais teria conseguido completar esse trabalho.

RESUMO

CANO, Adriano da Costa. **Redes de Sensores sem Fio / Redes Virtuais de Sensores – Uma análise literária**. Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

Com o grande avanço das tecnologias de redes, uma área vem ganhando seu espaço aos poucos. São as redes de sensores sem fio (RSSFs). Essas redes podem ser utilizadas para receber informações sobre variados fenômenos, como por exemplo queimadas, terremotos e tsunamis; e para localizar objetos ou pessoas. Com tantas utilidades abordadas para esse tipo de rede e como as RSSFs comuns dependem muito da aplicação à qual são destinadas, foi necessário que elas evoluíssem e, ao invés de uma única rede monitorar um único fenômeno, essas redes podem trabalhar de forma cooperativa e seus nós podem ser utilizados por diversas aplicações ao mesmo tempo por diversas Redes Virtuais de Sensores. Este trabalho tem como objetivo integrar muitos outros trabalhos dispersos pela internet e facilitar melhor a compreensão dessa tecnologia.

Palavras-chave: Redes de Sensores Sem Fio, RSSF, WSN, Redes Virtuais de Sensores, VSN.

ABSTRACT

CANO, Adriano da Costa. **Redes de Sensores sem Fio / Redes Virtuais de Sensores – Uma análise literária**. Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

With the great progress of network technologies, an area has been gradually gaining its space: the Wireless Sensor Networks (WSNs). These networks may be used to receive information about various phenomena, such as forest fires, earthquakes and tsunamis; and to locate objects or people. With so many uses approached for this type of network, and since the common WSNs depend a lot on the application to which they are meant, they had to evolve and, instead of a single network monitoring a single phenomenon, we may have these networks acting in a cooperative way. Moreover, their nodes may be used by several applications at the same time in several Virtual Sensor Networks. This work aims to integrate many others published on the internet, and to facilitate the understanding of this technology.

Keywords: Redes de Sensores Sem Fio, RSSF, WSN, Redes Virtuais de Sensores, VSN.

LISTA DE ABREVIATÖES

RSSF – Rede de Sensor Sem Fio
WSN – Wireless Sensor Network
VSN – Virtual Sensor Network
MANET – Mobile AD Hoc Network
MEMS – Micro Eletro-Mechanical Systems
AP – Access Point
QoM – Qualidade de Monitoramento
QoS – Qualidade de Serviço
RFID – Radio-Frequency IDentification
EPRON – Erasable Programmable Read-Only Memory
ROM – Read-only memory
RAM – Random Access Memory
ADC – Analog to Digital Converter
RF – Rádio Frequência
MAC – Media Access Control

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Arquitetura de nó sensor	14
Figura 2: A utilização da VSN para envio de dados gera economia de energia devido a menor potência usada para a transmissão	24
Figura 3: Virtualização a nível de nó	25
Figura 4A: Várias VSNs em uma única RSSF	26
Figura 5B: Uma única VSN sobre várias RSSFs	27

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	10
2 REDES DE SENSORES SEM FIO	13
2.1 ARQUITETURA DE UM NÓ SENSOR	13
2.2 ESTRUTURA DE UMA REDE SENSORIAL	15
2.3 TIPOS DE SENSORIAMENTO	16
2.4 ARQUITETURA DE REDES DE SENSORES E PRINCIPAIS PROTOCOLOS	16
2.5 PROBLEMAS DAS RSSFs	18
2.6 PROTOCOLO DE REDES MÓVEIS AD HOC	19
2.6.1 Pró-Ativos	20
2.6.2 Reativos	20
2.7 UM POUCO SOBRE QOS	21
3 REDES DE SENSORES VIRTUAIS	23
3.1 VIRTUALIZAR OU NÃO?	23
3.2 TIPOS DE VIRTUALIZAÇÃO	25
3.3 CAMADA DE MIDDLEWARE	27
3.4 QUALIDADE DE MONITORAMENTO (QOM)	28
3.5 CONCEITOS EM CONSTANTE EVOLUÇÃO	29
4 CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

As Redes de Sensores Sem Fio (RSSFs) podem ser vistas como um tipo especial de redes Ad hoc (MANET – Mobile Ad hoc Network) [17]. As RSSFs têm sido viabilizadas pela rápida convergência de três tecnologias: microprocessadores, comunicação sem fio e microssistemas eletromecânicos (MEMS – *Micro Electro-Mechanical Systems*) [17].

Em uma rede Wi-Fi tradicional, os dispositivos se comunicam através da estação base, no caso um AP (*Access Point*). Nas redes ad hoc móveis, os dispositivos fazem sua comunicação diretamente entre si de forma não estruturada através de um enlace de comunicação sem fio.

O diferencial de uma RSSF está no fato de o tráfego dessa rede se tratar de uma operação coletiva com redundância. Uma rede de sensores sem fio é caracterizada pelo uso de um grande conjunto de dispositivos compactos e automatizados, chamados de nós sensoriais. Nó sensor é um pequeno dispositivo computacional cujo objetivo dentro da rede é captar informações e transmiti-las para que se possa realizar o monitoramento [2]. Os sensores têm a função de informar qualquer mudança no ambiente a qual o fenômeno é monitorado, como modificação da temperatura, do peso, da pressão, monitoramento de velocidade, de movimentação, da luminosidade. São diversos os fins para a utilização dos sensores. O sensoriamento em uma rede mais densa torna-se mais eficaz, com melhor precisão e maior tolerância a falhas, no entanto, colisões, congestionamentos e aumento na latência ocorrerão em maior quantidade.

Os grandes avanços nas tecnologias de hardware dos nós sensores, e a necessidade/possibilidade de monitorar os fenômenos de forma mais precisa e mais

instantânea ao acontecimento, tem tornado crucial a descoberta de novas tecnologias para gerir e suportar essa essencialidade de crescimento em larga escala. As redes de sensores atualmente não são mais dedicadas a sustentar uma única aplicação. Os sensores monitoram, ao mesmo tempo, mais de um fenómeno se for preciso. A utilização de uma Rede Virtual de Sensores (VSN) para enviar dados melhora a economia de energia usada para a transmissão dos dados. Uma VSN se resume a um compartilhamento de recursos de diversos dispositivos para alcançar o melhor modo de chegar a um determinado fim. Porém, o uso dessas redes gera novos problemas, os quais precisam de novas soluções. Por exemplo, uma RSSF pode possuir uma quantidade de nós físicos que passa a casa das centenas, chegando, às vezes, a milhares. Isso faz com que muitas e muitas informações sejam transmitidas o tempo todo, tornando necessário o desenvolvimento de diversos tipos de tecnologias para esses fins. Os dados sensoriados e enviados muitas vezes são redundantes, pois são idênticos aos dados obtidos dos sensores mais próximos. A Qualidade de Monitoramento (QoM) também deve ser mantida. Com o uso de diversas aplicações em uma mesma rede, é preciso haver protocolos com QoM para garantir que as aplicações estejam realmente utilizando o tempo que lhes é fornecido do modo mais eficiente, não sendo interrompidas antes de seu término e nem prendendo muito mais tempo do que precisa. Só o escalonador não consegue saber isso. Outro motivo pelo qual se faz necessário o uso de QoM é saber se o dispositivo tem capacidade (física) de atender novas aplicações e, caso não tenha, recusá-las.

Aplicações feitas para serem usadas na medicina, como por exemplo um sistema de monitoramento de paciente para administração de medicações, precisam de confiabilidade na entrega de seus dados. Não pode haver perdas e nem atrasos.

Faz-se fundamental o uso de recursos para proporcionar Qualidade de Serviço (QoS). Abordarei neste trabalho os conceitos de Redes de Sensores sem Fio e Redes Virtuais de Sensores e tentarei unificar a literatura existente e dispersa para, assim, apresentá-la. As fontes de pesquisa deste trabalho foram: publicações e dissertações sobre o tema, sites da Internet e artigos referentes ao assunto.

O projeto seguiu as seguintes etapas:

1ª etapa – Levantamento bibliográfico.

2ª etapa – Estudo das Redes de Sensores Sem Fio

3ª etapa – Estudo das Redes Virtuais de Sensores

4ª etapa – Conclusão.

O trabalho foi dividido em quatro capítulos. O capítulo 1 (Introdução) apresenta a motivação, o contexto e os objetivos do trabalho. O capítulo 2 (Redes de Sensores Sem Fio) apresenta o estudo feito para um melhor entendimento sobre o tema e para o desenvolvimento do próximo capítulo. O Capítulo 3 aborda um estudo sobre Redes Virtuais de Sensores. E, finalmente, no Capítulo 4 (Conclusão), abordo alguns conceitos em constante evolução para essas tecnologias.

2 REDES DE SENSORES SEM FIO

A RSSF é uma tecnologia que chegou para ficar, já ganhou seu lugar na atualidade com o decorrer de seus anos de caminhada, estando presente nos mais variados, diversificados e inóspitos lugares.

Podemos usar RSSFs em locais de falhas geológicas com o intuito de monitorar qualquer atividade sísmica que possa ocorrer, bem como em focos de queimadas para alertar um possível novo caso de incêndio. Além disso, elas também podem ser usadas na medicina, monitorando, por exemplo, marca-passos; e têm funcionalidade para fins militares, detectando atividades inimigas em seus territórios.

O setor privado também vem fazendo uso desse tipo de tecnologia, como é o caso de alguns varejistas que utilizam as Etiquetas de Identificação por Rádio Frequência (RFID), mais conhecidas como “etiquetas inteligentes”, que vieram para substituir a tão famosa tecnologia de códigos de barras.

Não podemos esquecer o setor aéreo, onde a tecnologia **Fly-by-Wire** [18] utiliza uma quantidade extremamente elevada de sensores, nos quais existe uma quantidade ainda maior de cabos interligando esses sensores e ocupando grande parte da aeronave. Estudos estão sendo conduzidos para implementar a utilização de RSSFs nessa tecnologia.

2.1 ARQUITETURA DE UM NÓ SENSOR

O nó sensor é o dispositivo mais comum das RSSFs. Ele tem a função de monitorar determinados fenômenos, processar os dados e transmitir.

Arquitetura de Nó Sensor

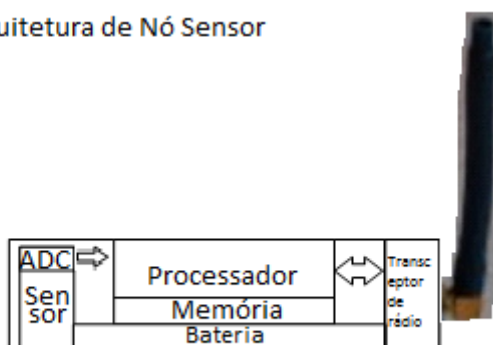


Figura1: Arquitetura do nó sensor

É composto por:

- Microprocessadores ou Microcontroladores. Os microcontroladores são mais utilizados que os microprocessadores pois consomem menos energia. Eles são responsáveis pelo processamento dos dados obtidos e pelo controle de todos os outros componentes pertencentes ao nó sensor.
- Memória: São três os tipos de memórias usadas por nós sensores. As memórias de armazenamento de dados persistentes, para a configuração do nó. As mais usadas são a memória EPROM e a memória Flash; As de armazenamento de programas e dados constantes. As mais usadas são a memória ROM e a memória Flash; as memórias feitas para acesso rápido, que precisam estar energizadas para manter o dado gravado nela. A mais usada é a memória RAM.
- Sensores: Há diversos tipos de sensores para diversos tipos de fenômenos. Os sensores são dispositivos analógicos que enviam um sinal contínuo capaz de monitorar o fenômeno em questão.

- Conversor Analógico Digital (ADC): Recebe os dados do sensor em formato analógico e converte para digital, para que o microcontrolador possa processá-los conforme programado.
- Transceptor de Rádio de Baixa Potencia: É um dispositivo de transmissão e recepção de dados. O mais utilizado é o de Rádio Frequência (RF). Pode-se optar também por dispositivos Óticos ou de Infravermelho (IF).

2.2 ESTRUTURA DE UMA REDE SENSORIAL

As RSSFs são estruturadas conforme a necessidade dos fenômenos a serem monitorados. Seus sensores são distribuídos por essas áreas atuando com o ambiente a ser monitorado, podendo ou não processar localmente os dados coletados. A comunicação entre os sensores é feita por meio de uma rede ad hoc, a qual é utilizada para transmitir ao nó sorvedouro as informações obtidas e geradas pelos nós sensoriais (os dados obtidos podem ser transmitidos a um ou mais nós sorvedouros).

Organização da Rede

- Redes Planas: os nós sorvedouros ou nós de monitoração, são os responsáveis por processar e armazenar os dados coletados pela rede.
- Redes Hierárquicas: um nó será designado como líder do grupo formado pelos demais nós dessa rede.

Densidade da rede

- Esparsa: Nós com distâncias grandes uns dos outros. Pouca concentração de nós disposto em sua área.
- Balanceada: Nós demasiadamente próximos. Maior quantidade de nós disposto em sua área.

- Densa: Maior quantidade de nós próximos. A área atua com grande quantidade de nós dispostos.

Capacidade dos Nós

- Homogênea: Nós com a mesma capacidade física. Nós de hardware iguais ou equivalentes.
- Heterogênea: Nós com capacidades de hardware distintas.

2.3 TIPOS DE SENSORIAMENTO

- Periódico: Os dados sobre os fenômenos são coletados pelos nós sensores com intervalos regulares, maximizando a economia de energia.
- Contínuo: Os dados sobre os fenômenos são coletados pelos nós sensores de forma contínua, gerando melhor precisão, porém com um maior consumo de energia.
- Reativo: Os dados somente são coletados quando ocorre o evento ou por intervenção do observador, o que também otimiza o gasto de energia.
- Tempo Real: Os dados sobre os fenômenos são coletados com o menor intervalo de tempo possível pelos nós sensores. Normalmente utilizado para fenômenos críticos.

2.4 ARQUITETURA DA REDE DE SENSOR E PRINCIPAIS PROTOCOLOS

A arquitetura dessa rede consiste em quatro camadas: a camada Física, a camada de Enlace, a camada de Rede e a Camada de Transporte. A camada Física é a camada responsável única e exclusivamente pelo envio dos dados processados e monitorados pelo nó e outras informações quaisquer, ou seja, tudo a ser enviado.

Ela possui três possíveis meios de envio para esses dados, por Rádio Frequência (RF), Ótica e Infravermelho (IF).

As comunicações por IF e sinal Ótico têm a vantagem de não precisarem na sua estrutura física do nó, a utilização de uma antena, porém, uma grande desvantagem nesse método de envio é que precisam de visada direta (e alinhamento no caso do IF) com o alvo a ser alcançado. Isso torna os dois métodos completamente inviáveis no caso em que, por exemplo, seja preciso arremessar os sensores de um avião, para efetuar o monitoramento do evento-alvo. A comunicação RF é a mais frequentemente utilizada e se baseia no envio de ondas eletromagnéticas.

A camada de enlace das RSSFs difere muito dos outros tipos de redes (*Ethernet, Wireless, Ad Hoc*), pois na RSSF o foco principal, além do monitoramento de evento, é a economia de energia. Os dispositivos de envio de dados não ficam o tempo todo ligados monitorando a rede ou reenviando pacotes perdidos por causa de colisões. Com isso, o protocolo de acesso ao meio (MAC) da camada de enlace nas RSSFs precisa de certas particularidades que o diferem das demais redes. Os protocolos mais usados atualmente são: S-MAC [22], ARC [23], T-MAC [24], B-MAC [29], TRAMA [25] e DE-MAC [26].

Conforme ocorre na camada de enlace, a camada de rede também possui suas particularidades e todas sempre focadas na otimização do consumo de energia. Qualquer pacote enviado por uma rota que não seja a de menor gasto ou o endereçamento de nó que seja muito extenso e tenha que transmitir bits desnecessários gastando mais energia do que realmente precisa, é considerado como desperdício. Em uma RSSF, não é difícil que a quantidade de nós chegue na casa dos milhares e a informação solicitada sobre um evento não corresponda a um

único nó, e sim a uma área específica. Portanto, um nó exclusivo não precisa ter um endereço e nem um caminho para ele, e sim para a área.

Há três tipos de roteamento. No roteamento Plano, os nós são roteados igualmente em toda a rede. Os protocolos usados nesse tipo de roteamento são: Difusão Direcionada (DD) [20], SAR [27], TinyBeaconing [28], Mult [30], STORM [30], SPIN [31] e PROC [21]. No roteamento Hierárquico, são escolhidos nós líderes que agregam os dados recebidos pelos nós comuns e transmitem para o nó sorvedouro. Os protocolos usados nesse tipo de roteamento são: Leach [32], Leach-C [33], ICA [34], GPSR [35], TEEN [36] e PEGASIS [37]. Por fim, no roteamento geográfico, as rotas são feitas utilizando dados geográficos onde são incluídas as localizações de seus vizinhos. A localização dos dados é feita por um sistema de GPS. Os principais protocolos são: GeoMote[38], GPSR [35] e o Geographic Routing Without Location Information [39].

A camada de transporte por sua vez não é de grande importância, pois a grande maioria das aplicações em RSSF admitem a perda de dados. Porém, alguns serviços de reprogramação e gerenciamento dos nós precisam dessa certeza de entrega dos dados. Os protocolos atualmente usados são: PSFQ [40], ESRT [41] e RMST [42].

2.5 O PROBLEMA DAS RSSFs

O fator crítico para esse tipo de rede, é que os nós sensores têm um suprimento de energia extremamente limitado, e o maior dos problemas das RSSFs é o consumo de energia, fazendo com que alguns problemas de redes comuns que são praticamente irrelevantes, como retransmissão de dados, se tornem algo degradante para a vida útil do nó. Com isso, é extremamente importante que a

transmissão seja concluída com sucesso. Um nó sensor não tem um ID global, o que torna a maioria dos protocolos de rede atuais inaplicável a RSSFs [5]. Sendo assim, é necessária a utilização de novos protocolos, que também são bastante escassos, devido à limitação de recursos e a uma falta de padronização.

Alguns outros fatores também interferem no bom funcionamento de uma RSSF onde para isso, precisamos levar em conta sua grande vantagem, que é seu enorme poder de escalabilidade. Devido à grande densidade que essas redes podem suportar, os problemas tendem a se elevar por igual. Quanto mais densa for a rede, maior o número de colisões e congestionamentos e maior a quantidade de dados redundantes. O fato de os links utilizados nessas redes serem limitados, o baixo poder de processamento dos nós e o mal funcionamento dos sensores, como erros de calibragem e outros, podem gerar dados errados ou incompreensíveis.

2.6 PROTOCOLO DE REDES MÓVEL AD HOC MANET

Os protocolos MANETs (*Mobile Adhoc Networks*) [17] foram desenvolvidos para plataformas ou nós que não utilizam nenhum tipo de infraestrutura. Trata-se de um sistema autônomo que visa à mobilidade e que é fácil e rápido de se instalar. Esse sistema é robusto e feito para aguentar condições diversas de fenômenos. As topologias são dinâmicas e objetivam a economia de energia, visto que a maioria dos nós de uma MANET utiliza energia limitada, como por exemplo baterias. É bastante difícil encontrar o nó fisicamente, pois seus endereços não possuem a informação geográfica. Os protocolos MANETs, são subdivididos principalmente em dois tipos Pró-ativos e Reativos, os quais abordaremos nos próximos subtópicos.

2.6.1 Pró-Ativo

Esse tipo de protocolo mantém suas tabelas de roteamento sempre atualizadas, não sendo necessário descobrir o caminho para se chegar a um determinado nó. Ele já sabe a rota que fará para chegar ao seu destino.

Um tipo de protocolo pró-ativo é o ***Destination-sequenced distance-vector*** (DSDV) [19]. O DSDV é um protocolo de vetor de distância cuja tabela de roteamento é alimentada com um número de sequência (informado no campo *sequence number*). Essa tabela é montada durante o processo de descoberta da rede, por meio de difusão (broadcast). Após a rede convergir e todos os nós serem capazes de chegar a todos os outros nós, mensagens de controle são enviadas periodicamente para manter a tabela sempre atualizada.

2.6.2 Reativos

Também conhecidos como protocolos sob demanda, em que os nós não armazenam informações de rotas para outros nós. A busca é feita por demanda e não há rotas permanentes. Tomando como exemplo o protocolo ***Dynamic Source Routing*** (DSR) [19], ao perceber a necessidade de envio de dados, ele transmite a seus vizinhos, por meio de difusão, uma requisição contendo os endereços de origem e de destino, assim como o registro da rota.

Um outro exemplo de protocolo reativo é o ***Ad Hoc On-Demand Distance Vector*** (AODV) [19], cujo principal objetivo é adaptar rápida e dinamicamente as mudanças no enlace e proporcionar uma qualidade de serviço desejável.

2.7 UM POUCO SOBRE QOS

Qualidade de serviço (QoS - *Quality of Service*) se refere a prover a rede, no caso a internet, com técnicas que permitam trafegar com velocidade e confiabilidade serviços antes não imaginados para essa rede, tais como voz e vídeo, aplicações muito exigentes com relação a tempo de resposta, entre outros (Albuquerque et al. 2013).

O modelo de operação tradicional das redes IP foi baseado na remessa de serviço pelo melhor esforço [4], ou seja, não há garantia nenhuma de entrega. Para podermos implementar o QoS, é necessário atribuir classificações/marcações aos pacotes para que possam ser tratados de forma diferente, tenham prioridades ao utilizar os recursos disponíveis de roteamento e possam fornecer as garantias solicitadas por determinada aplicação ou contrato.

Hoje em dia, com o grande crescimento da internet (que não foi desenvolvida pensando na troca de informações em tempo real) e de aplicações que exigem prioridades em determinados dados (por exemplo: VoIP ou serviços de vídeo conferência), é extremamente importante que esses dados sejam classificados e priorizados para que possam funcionar em condições aceitáveis ou até mesmo ótimas.

Atualmente, as redes privadas e a internet utilizam mais comumente dois métodos de QoS; O IntServ e o DiffServ. Eles são empregados no tipo de rede em que melhor se adequam. Também há, a possibilidade de serem usados em uma mesma rede. Isso pode ser feito “lado a lado”, com todo o tráfego IntServ atribuído a um único DSCP ou executando IntServ sobre DiffServ [4].

- **DiffServ**: Pode tratar de maneira mais efetiva que o IntServ fluxos que não exijam tempo real. Não sofre de overhead gerado por protocolos de sinalização. O

DiffServ colore os pacotes dentro de uma rede para que possam ser tratados de maneira diferenciada os tipos de dados. Utiliza o campo DSCP (antigamente, antes de se tornar obsoleto era conhecido como ToS) para colorir esses pacotes e assim podendo receber diferentes tratamento, tais como ser priorizado ou descartado.

- **IntServ**: Ele prevê e calcula o nível de serviço que o tráfego receberá, tornando possível reservas de recursos para determinada aplicação solicitante. Necessita de protocolos de sinalização (ex.: RSVP - *Resource Reservation Protocol*) para poder efetuar essas reservas de recursos. Muito focado para tráfego de dados em tempo real, é o mais utilizado para a internet e para suporte a VoIP.

Utilizar os modelos de QoS abordados acima, se torna inviável em Redes de Sensores Sem Fio, pois eles necessitam de maior largura de banda, maior quantidade de memória disponível para armazenamento de buffer, melhor capacidade de processamento, tais coisas que, sabemos muito bem, são inviáveis pelo fato dos tamanhos físicos do nó sensor.

O grande objetivo da aplicação de QoS nessas redes é achar o melhor caminho para o destino dos dados gerados tendo como maior prioridade a conservação de energia.

3. REDES VIRTUAIS DE SENSORES (VSN)

Trata-se de aplicações desenvolvidas para as redes de sensores sem fio, orientadas a tarefa e exclusivamente implementadas para um determinado fim. Torna-se impossível reutilizá-las quando aplicadas em RSSFs diferentes. A virtualização possibilita a apresentação de recursos físicos e computacionais através de sua abstração em unidades lógicas, permitindo seu uso eficiente por vários usuários independentes, inclusive por múltiplas aplicações simultâneas [7].

3.1 VIRTUALIZAR OU NÃO?

As redes de sensores dedicadas, ou seja, voltadas para uma única aplicação de fato são bem mais simples de serem implementadas, porém, conforme já sabemos, essa tecnologia estão sempre avançando e sendo otimizadas, os processadores estão mais poderosos e cada vez menores, e também a redução nos preços dos componentes de memórias e dos processadores. Isso tudo faz com que implementar uma RSSF dedicada seja um desperdício. Imaginem distribuir milhares de nós, todos espalhados em uma grande área, muitos desses nós em locais de difícil acesso e essa rede somente monitorar um fenômeno, sendo necessária a implementação de uma outra infraestrutura de RSSF para monitorar na mesma área um outro fenômeno desejado.

Com a implementação de uma VSN, podemos economizar até em energia. Por exemplo, em uma grande área repleta de nós sensores, contudo, são de RSSFs distintas e dedicadas. Sendo assim, cada RSSF em si, vai contar com uma quantidade menor de dispositivos e não vão estar tão próximos uns dos outros, isso vai gerar maior gasto de energia pois a potência para enviar um sinal mais longe, demanda maior consumo. Sem contar que será preciso colocar nós sensores onde

não tenha necessidade de monitorar esses fenômenos, mas os dados precisam ser enviados para o servidor e a comunicação é feita por salto entre nós vizinhos. Por exemplo, uma floresta precisa ser monitorada devido ao fato de criadores de gado que precisam de terras para pasto provocarem incêndios criminosos. Nessa mesma floresta passa um rio, que também precisa ser monitorado para prevenir o despejo de dejetos. Uma RSSF é posta na floresta para monitorar o fogo e outra RSSF completamente distinta é posta no rio para monitorar a pureza da água. Para que a RSSF disposta no rio consiga enviar seus dados ao servidor, vai ser preciso que sejam colocados sensores de que monitoram os fenômenos no rio pela floresta e assim salto a salto a informação chegar ao destino. Tal desperdício de sensor não aconteceria se essas RSSFs estivessem utilizando VSN. Os dados dos sensores do rio seriam enviados aos sensores da floresta e entregues ao servidor.

Independente da aplicação em execução nos nós, com o uso de VSN, qualquer nó (associado a ela) pode achar caminho para seu destino usando vizinhos mais próximos conforme ilustrado nas figuras abaixo. O compartilhamento dos recursos dos nós disposto, representa uma economia significativa.

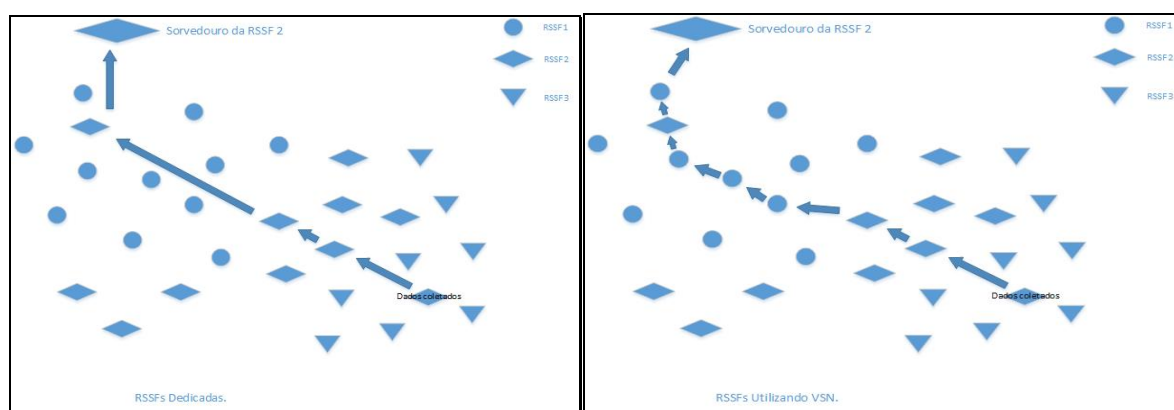


Figura 2: A utilização da VSN para envio de dados gera economia de energia devido à menor potência usada para a transmissão.

3.2 TIPOS DE VIRTUALIZAÇÃO

Existem dois tipos de virtualização [7], as no nível do nó e as no nível da rede.

- As virtualizações no nível do nó permitem que diversas aplicações consigam executar suas funções (funções como, por exemplo, uma aplicação de detecção de incêndio e/ou monitoramento de fenômenos ambientais) de forma simultânea ou em sequência em único nó sensor, conforme demonstrado na Figura 1. O Middleware isola a aplicação do hardware e cria múltiplas instâncias lógicas no sensor físico. As múltiplas instâncias dependem da capacidade do nó sensor. Os sensores virtuais fornecem medições indiretas dos dados através da combinação de dados de diferentes sensores físicos [10]. A virtualização do sensor oferece um alto nível de confiança e segurança através da separação lógica de diferentes sensores e da imposição de políticas de segurança [11]. É necessária uma forma na qual sejam feitas as atualizações e implementações das novas tarefas requeridas ao nó. A primeira forma, que não é viável de se executar, é a reprogramação individual de cada nó da RSSF. A segunda forma é a usada atualmente, que consiste na reprogramação sem fio dos nós.

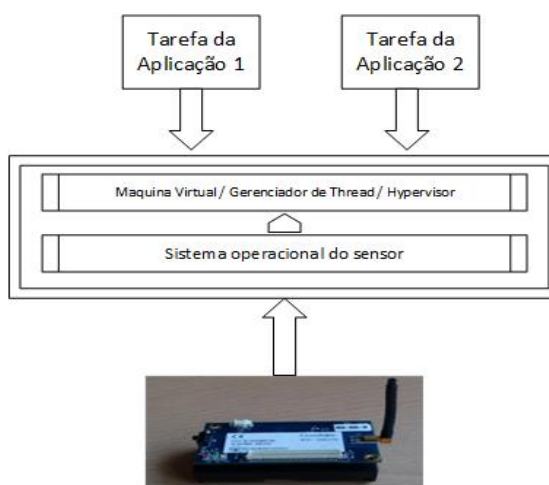


Figura 3: Virtualização a nível de nó

- A virtualização no nível da rede baseia-se em uma colaboração mútua entre todos os integrantes (nó) da VSN para alcançar os objetivos do melhor modo possível. A virtualização da rede possibilita a execução de uma determinada aplicação por um conjunto de nós, enquanto os demais nós dividem-se ou não em demais conjuntos para executar outras aplicações que sejam solicitadas. Esse tipo de virtualização também influencia no mercado das RSSFs, pois as aplicações não serão mais feitas exclusivamente para o nó, e sim voltadas para a rede. Sendo assim, as aplicações não ficam presas nas mãos dos fabricantes dos dispositivos físicos, podendo ser desenvolvidas por equipes de terceiros e de forma mais genérica. Há dois modos em que a virtualização no nível da rede pode ser feita.

No primeiro modo, representado na Figura 4A, uma única RSSF suporta diversos tipos de VSNs. A virtualização no nível da rede, consiste na formação de clusters que tenham a capacidade de monitorar fenômenos diversos de forma dinâmica. Os nós precisam suportar diferentes aplicações, de tal modo que seja possível a um nó sensor participar de várias VSNs distintas. Um grande problema é a priorização das aplicações executadas. O assunto será abordado no subcapítulo 3.4 (QoM).

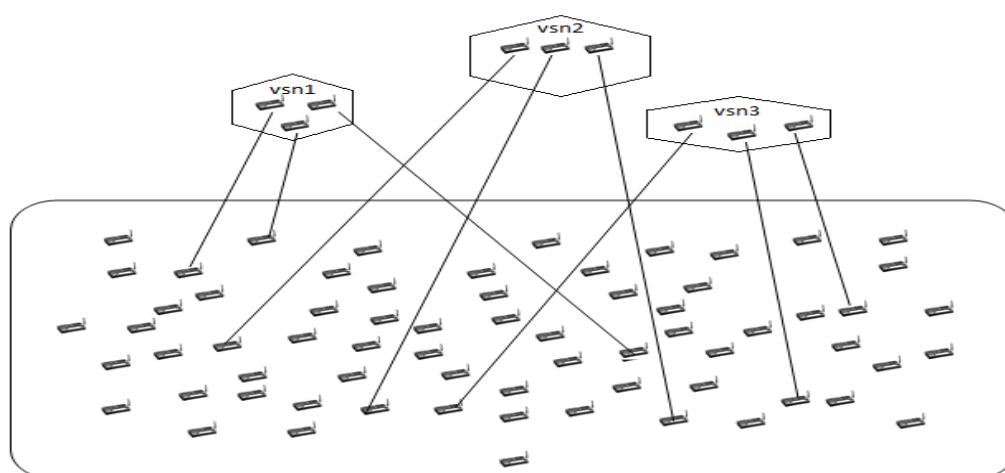


Figura 4A: Várias VSNs em uma única RSSF.

No segundo modo, os nós sensores formariam uma única VSN utilizando nós de diversas RSSFs, conforme ilustrado na Figura 4B. Porém, somente seria possível aplicar esse modo se os nós das RSSFs em foco suportassem a execução simultânea de diversas aplicações. Dada a heterogeneidade dos nós, alguns podem não ter capacidade física.

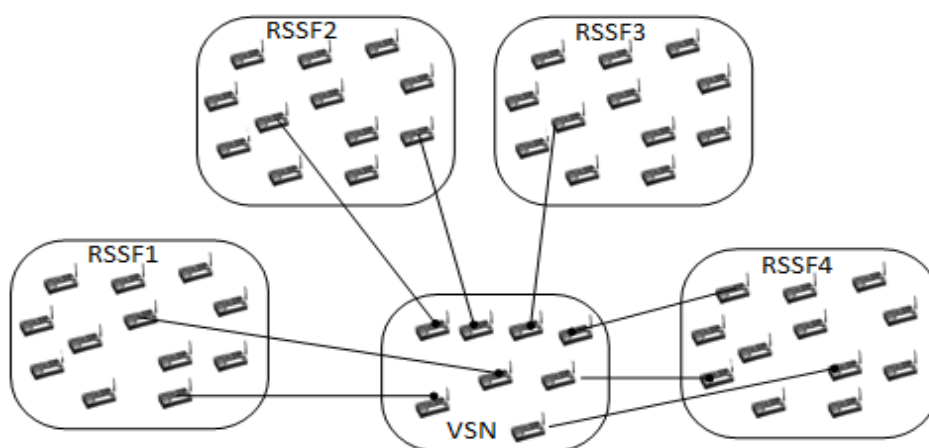


Figura 4B: Uma única VSN sobre várias RSSFs

3.3 CAMADA MIDDLEWARE

É uma camada lógica feita para dar suporte aos diferentes tipos de aplicações e aos diferentes tipos de hardware. Ele facilita o gerenciamento dos recursos da rede utilizando o conceito de virtualização de rede e virtualização dos sensores. Os recursos devem ser alocados de forma dinâmica ou de forma estática para a aplicação e para o usuário. Porém, a alocação de recursos de forma estática reduz muito a eficiência do dispositivo, pois o gerenciamento dos recursos não é otimizado.

Alocar recursos de forma estática pode também garantir um melhor QoS e mais confiabilidade na execução dos serviços.

Um dos principais objetivos do middleware que auxilia na virtualização é combinar as necessidades da aplicação da melhor forma possível e assegurar-se de que múltiplas redes de sensores heterogêneas sejam gerenciadas de modo a garantir a eficiência e a qualidade [12]. Seguem, abaixo, alguns responsáveis pelo auxílio nas virtualizações dos sensores e das redes.

- Middlewares para auxílio de virtualização de sensores: VITRO [43], Servilla [50], PRESTO [44] e Senser [45].
- Middlewares para auxílio de virtualização de rede: SensEye [46], I-Living [51], SenseWrap [47], MiLAN [48] e MagnetOS [49].

Contudo, os middlewares VITRO, SensEye, I-Living e MiLAN não fornecem suporte a múltiplos rádios e, dentre os mencionados acima, somente o Servilla, o PRESTO e o SenserWRAP fornecem suporte à heterogeneidade dos dispositivos físicos.

3.4 QUALIDADE DE MONITORAMENTO (QOM)

Os recursos requeridos pelas aplicações em uma VSN são gerenciados por um escalonador, que os aloca conforme solicitado. Isso faz com que o tempo de resposta das aplicações seja acrescido consideravelmente de acordo com a quantidade de aplicações em execução na VSN.

A maioria dos escalonadores determinam o tempo que a aplicação pode ser executada, mas ele não sabe se ela realmente consegue ser executada nesse tempo. Somente o tempo e os recursos disponíveis na VSN a qual a aplicação foi

associada que são determinados pelos escalonadores. A ordem de execução dessas diversas aplicações postas ao nó sensor não é determinada.

A Qualidade de Monitoramento (QoM) se torna precária, conforme discutido em [8], onde é abordado um grande desafio que é a necessidade de ter sempre mais aplicações rodando em uma VSN. Só que as aplicações devem ser executadas dentro de janelas de tempo lógicas com métricas de QoM satisfatórias. É proposto como solução para esse desafio um modelo de rede equipado com duas ferramentas, sendo uma delas o Controle de Admissão, que determina se é ou não viável ao escalonador aceitar aplicações com padrões de chegadas simultâneas e de solicitações de disponibilidade de recursos da rede e, logo a seguir, é feita a verificação dinâmica com tempo polinomial para saber se é possível uma nova aplicação ser escalonada, tendo como base o tempo de resposta observado de aplicações e limitações do sistema. A segunda ferramenta é o Monitor de Rede, que executa as aplicações que puderam ser admitidas ajustando a quantidade de recursos necessários e a sequência de execução.

3.5 CONCEITOS EM CONSTANTE EVOLUÇÃO

Todo o estudo feito acima, nos mostra onde realmente podemos chegar utilizando as tecnologias abordadas. Comentarei agora um pouco sobre esses conceitos.

- Computação na Nuvem: Diversas VSNs espalhadas monitorando vários fenômenos e disponibilizando essas informações em nuvem de forma que qualquer aplicação ou usuário possa acessar e se beneficiar dessas informações. Imagine planejar uma viagem de carro e poder consultar dados do trânsito monitorado para poder definir a melhor rota com base nas informações coletadas, analisar o melhor

horário para fazer esse percurso. Poder prever com a análise desses dados os piores horários e locais com engarrafamentos.

- Internet das Coisas: Essa tecnologia veio para unir as pessoas e seus objetos, necessidades e vontades com a rede mundial de computadores. Praticamente digitalizar o meio físico. Por exemplo, ter uma geladeira que informa os produtos que estão faltando, roupas capazes de saber a temperatura ambiente e se adequar a necessidade da pessoa. Levar seu carro para a manutenção e sensores mostrarem o defeito. São diversos usos e possibilidades.

- Cidades Inteligentes: Os dois conceitos anteriores caminhando juntos para não se limitarem a uma pessoa em si, mas a uma cidade inteira. Pontos de ônibus inteligentes que informam o tempo de demora dos ônibus, sistemas de iluminação pública capazes de funcionar de forma dinâmica, capazes de também informar por exemplo se uma lâmpada apresentou defeito em determinado lugar e enviar técnicos ao local. Sensores nos sistemas de escoamento pluvial, sensores para coleta de lixo que informam ao órgão responsável onde as lixeiras precisam ser esvaziadas.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho unifiquei, por intermédio de diversas fontes dispersas pela internet, algumas tecnologias referentes a RSSF e VSN. Abordei brevemente sua real finalidade. Essas tecnologias são somente a base de todas as possibilidades dessas redes. A computação na nuvem, a internet das coisas e as cidades inteligentes são o grande alvo dessa evolução, em que o ser humano e as tecnologias estão cada vez mais unidos de uma forma simbiótica onde um depende do outro para sustento e evolução mutua. Porém, para atingirmos esses objetivos, muito ainda precisa ser feito, muito ainda precisa ser estudado e discutido. Conforme abordado nas páginas acima comentei sobre as tecnologias presentes e suas utilidades, também foram citados os problemas que as afetam e suas respectivas soluções.

Tantas possibilidades podem ser trabalhadas, tantos problemas ambientais e sociais podem ser resolvidos utilizando essas tecnologias. Setores onde há grande desperdício de energia, onde um simples sensor poderia resolver o problema, crimes ambientais podem ser prevenidos, fazendas inteligentes onde sensores monitoram a produção e forneça o essencial para o desenvolvimento do plantio ou informe sobre alguma mudança que precise de maior atenção e/ou intervenção humana. Essa tecnologia está ganhando seu lugar para nos ajudar e nos proporcionar mais tempo e mais agilidade para medidas preventivas. Imagine você chegando exausto de um dia de trabalho e não precisar se preocupar em ir ao supermercado, pois seu apartamento inteligente já fez os pedidos dos produtos faltantes referentes ao seu perfil. Maior qualidade de vida, mais vida a sua vida.

REFERÊNCIAS

- [1] Linnyer Beatrys Ruiz. Manna: Uma arquitetura para Gerenciamento de Redes de Sensores Sem Fio. Dezembro 2003 Disponível em <http://homepages.dcc.ufmg.br/~linnyer/TeseMANNA.pdf>. Acesso em 14 jun. 2015.
- [2] FARIAS, Márcio M., SOUZA, Alex G., WANZELLER, Diego S., CARDOSO, Afonso J.F. Novembro de 2005. Disponível em <http://homepages.dcc.ufmg.br/~loureiro/cm/docs/sbr03.pdf>, junho 2015. Acesso 14 jun. 2015.
- [3] LOUREIRO, Antônio A. F., NOGUEIRA, José Marcos S., RUIZ, Linnyer Beatrys, MINI, Raquel Aparecida de Freitas, NAKAMURA, Eduardo Freire, FIGUEIREDO, Carlos Maurício Serodio. Disponível em <http://homepages.dcc.ufmg.br/~loureiro/cm/docs/sbr03.pdf> Acesso 15 Jun 2015.
- [4] Adrian Farrel – A internet e seus protocolos 2005.
- [5] ZAKARIA, Aniss, em Quality of Service in Wireless Sensor Networks em http://richard.myweb.cs.uwindsor.ca/cs510/survey_zakaria.pdf em 2012.
- [6] NAKAMURA, Eduardo Freire, FIGUEIREDO, Carlos, LOUREIRO, Antonio, em https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Vieira3/publication/251797929_Arquitetas_para_Redes_de_Sensores_Sem_Fio/links/0deec530403cbe947e000000.pdf Fev 2014.
- [7] KHAN, Imran, BELQASMI Fatna, GLITHO Roch, CRESPI Noel, MORROW Monique, POLAKOS Paul em Wireless Sensor Network Virtualization- Early Architecture and Research Perspectives± em maio/junho de 2015.
- [8] AJMAL, Sawand M., PARIS, Stefano, ZHANG Zonghua, NA"IT-ABDESSELAM, Farid em An Efficient Admission Control Algorithm for Virtual Sensor Networks em 2014.
- [9] BRITO FILHO, Élio Ribeiro De, Aplicando a Técnica de SimulaçãoHardware-In-the-LoopnoDesenvolvimento de um SimuladorHíbrido paraTestbedsde Redes deSensores Sem Fio, em <http://docplayer.com.br/14806204-Aplicando-a-tecnica-de-simulacao-hardware-in-the-loop-no-desenvolvimento-de-um-simulador-hibrido-para-testbeds-de-redes-de-sensores-sem-fio.html> em 2014.
- [10] JAYASUMANA, Anura P., HAN, Qi, ILLANGASEKARE, Tissa H., em Virtual Sensor Networks – A Resource Efficient Approach for Concurrent Applications em 2007.
- [11] CHOWDHURY, N.; BOUTABA, R. em A survey of network virtualization. Comput. Netw. Em 2010, 54,862–876.

- [12] KHALID, Zubair, FISAL, Norsheila, ROZAIN, Mohd., em I A Survey of Middleware for Sensor and Network Virtualization em 2014.
- [13] MADRIA , Sanjay, KUMAR, Vimal, DALVI, Rashmi em Sensor Cloud:A Cloud of Virtual Sensors em 2014.
- [14] AKYILDIZ, I. F., SU, W., SANKARASUBRAMANIAM, Y., CAYIRCI, E., em "Wireless Sensor Networks: A Survey," Computer Networks, em 2002.
- [15] GUPTA, D., em "Enforcing performance isolation across virtual machines in Xen," in *Middleware* em Junho de 2006.
- [16] FARIAS, Claudio Miceli de, em ASGARD: Um arcabouço para o desenvolvimento de um sistema distribuído de gerenciamento e decisão para ambientes inteligentes usando redes de sensores compartilhadas em 2014.
- [17] RUIZ, Linnyer Beatrys, CORREIA, Luiz Henrique A., VIEIRA Luiz Filipe M., MACEDO, Daniel F., NAKAMURA, Eduardo F., FIGUEIREDO, Carlos M. S., VIEIRA, Marcos Augusto M., BECHELANE, Eduardo Habib, CAMARA, Daniel, LOUREIRO, Antonio A.F., NOGUEIRA, Jose´ Marcos S., SILVA JR, Diogenes ´ C. da em Arquiteturas para Redes de Sensores Sem Fio em [http://www.inf.ufes.br/~zegonc/material/Redes%20de%20Sensores%20sem%20Fio/Arquiteturas%20para%20Redes%20de%20Sensores%20Sem%20Fio%20\(Linnyer%20UFMG\).pdf](http://www.inf.ufes.br/~zegonc/material/Redes%20de%20Sensores%20sem%20Fio/Arquiteturas%20para%20Redes%20de%20Sensores%20Sem%20Fio%20(Linnyer%20UFMG).pdf).
- [18] Aplicações possíveis para Redes de Sensores sem Fio em http://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/rssf/aplicacoes.html.
- [19] FARIAS, Márcio M., SOUZA, Alex G. de, WANZELLER, Diego S., CARDOSO, Afonso J. F.. em análise de queimadas na região amazônica através de redes sensoriais em 2005.
- [20] INTANAGONWIWAT, C., GOVINDAN, R., ESTRIN, D., em Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks em 2000.
- [21] MACEDO, D. F., CORREIA, L. H. A., NOGUEIRA, J. M., LOUREIRO, A. A. em Proc: Um protocolo pro-ativo com coordenação de rotas em 2004.
- [22] YE, W., HEIDEMANN, J., ESTRIN, D. em An energy-efficient mac protocol for wireless sensor networks em 2002.
- [23] WOO, A., CULLER, D. E. em A transmission control scheme for media access in sensor networks em 2001.
- [24] VAN DAM, T., LANGENDOEN, K. em An adaptive energy-efficient mac protocol for wireless sensor networks em 2003.
- [25] RAJENDRAN, V., OBRACZKA, K., GARCIA-LUNA-ACEVES, J. J. em Energy-efficient collision-free medium access control for wireless sensor networks em 2003.

- [26] KALIDINDI, R., RAY, L., KANNAN, R., IYENGAR, S., em Distributed Energy aware MAC layer for Wireless Sensor Networks em 2003.
- [27] SOHRABI, K., GAO, J., AILAWADHI, V., POTTIE, G. em Protocols for self-organization of a wireless sensor network em 2000.
- [28] Beacons, T. (2004). em Tiny os: A component-based os for the networked sensor regime em <http://www.webc.cs.berkeley.edu/tos>.
- [29] POLASTRE, J. em B-mac protocol. Technical report, Universidade da California, Berkeley em 2003.
- [30] FIGUEIREDO, C. M. S., NAKAMURA, E. F., LOUREIRO, A. A. F. em Protocolo Adaptativo Híbrido para Disseminação de Dados em Redes de Sensores sem Fio Auto-Organizáveis em 2004.
- [31] HEINZELMAN, W. R., KULIK, J., BALAKRISHNAN, H. em Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks em 1999.
- [32] HEINZELMAN, W. R., CHANDRAKASAN, A., BALAKRISHNAN, H. em Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks em 2000.
- [33] LINDSEY, S., RAGHAVENDRA, C., SIVALINGAM, K. M. em Data gathering algorithms in sensor networks using energy metrics em 2000.
- [34] HABIB, E., CAMARA, D., LOUREIRO, A. A. em ICA: Um novo algoritmo de roteamento para redes de sensores em 2004.
- [35] KARP, B., KUNG, H. T. em GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks em 2000.
- [36] MANJESHWAR, A., AGRAWAL, D. em TEEN: A routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks em 2001.
- [37] LINDSEY, S., RAGHAVENDRA, C. S. em Pegasus: Power-efficient gathering in sensor information Systems em 2002.
- [38] NAVAS, J. C., IMIELINSKI, T. em Geocast geographic addressing and routing em 1997.
- [39] RAO, A., RATNASAMY, S., PAPADIMITRIOU, C., SHENKER, S., STOICA, I. em Geographic routing without location information em 2003.
- [40] WAN, C.-Y., CAMPBELL, A. T., KRISHNAMURTHY, L. em PSFQ: a reliable transport protocol for wireless sensor networks em 2003.
- [41] SANKARASUBRAMANIAM, Y., AKAN, O. B., AKYILDIZ, I. F. em ESRT: event-to-sink reliable transport in wireless sensor networks em 2003.

- [42] STANN, F., HEIDEMANN, J. em RMST: Reliable data transport in sensor networks em 2003.
- [43] SARAKIS, L., ZAHARIADIS, T., LELIGOU, H.-C., Dohler, M. em A framework for service provisioning in virtual sensor networks em 2012.
- [44] DESNOYERS, P., GANESAN, D., LI, H., Li, M., SHENOY, P.J. em PRESTO: A Predictive Storage Architecture for Sensor Networks em 2005.
- [45] PAULINO, H., SANTOS, J.R. em A middleware framework for the web integration of sensor networks em 2011.
- [46] KULKARNI, P., GANESAN, D., SHENOY, P.; Lu, Q. Senseye: A multi-tier camera sensor network em Novembro de 2011.
- [47] EVENSEN, P., MELING, H. em Sensewrap: A service oriented middleware with sensor virtualization and self-configuration em 2005.
- [48] MURPHY, A., HEINZELMAN, W. em Milan: Middleware Linking Applications and Networks em 2002.
- [49] BARR, R., BICKET, J.C., DANTAS, D.S., DU, B., KIM, T., ZHOU, B., SIRER, E.G. em On the need for system-level support for ad hoc and sensor networks em 2002.
- [50] FOK, C.-L., ROMAN, G.-C.; LU, C. em Enhanced coordination in sensor networks through flexible service provisioning em 2009.
- [51] WANG, Q., SHIN, W., LIU, X., ZENG, Z., OH, C., ALSHEBLI, B.K., CACCAMO, M., GUNTER, C.A., GUNTER, E., HOU, J. em I-living: An open system architecture for assisted living em Outubro de 2006.